



(19)

(11) Publication number:

09205253 A

Generated Document.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 08011459

(51) Intl. Cl.: H01S 3/18 G11B 7/125

(22) Application date: 26.01.96

(30) Priority:

(43) Date of application publication: 05.08.97

(84) Designated contracting states:

(71)

Applicant: MATSUSHITA ELECTRON CORP

(72) Inventor: TAKAYAMA TORU  
KONDO OSAMU  
YOSHIKAWA AKIO  
NAKANISHI HIDEYUKI

(74)

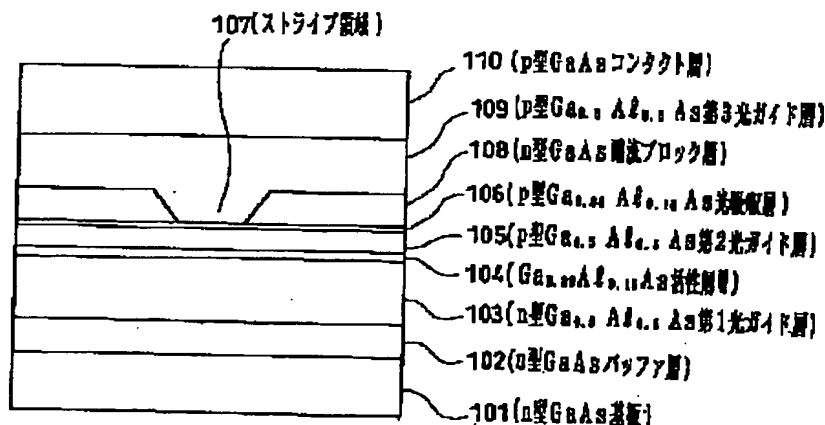
Representative:

## (54) SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND OPTICAL PICK-UP DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser device for controlling the level of light output even at a low light output by improving the nonlinearity in current-light output characteristics at a low light output.

SOLUTION: An n-type buffer layer 102, an n-type first light guide layer 103, an active layer 104, a p-type second light guide layer 105, and a p-type light absorption layer 106 are successively formed on an n-type semiconductor substrate 101. A p-type stripe region 107 is formed at a center part on the light absorption layer 106 and at the same time an n-type current block layer 108 is formed at both sides of the stripe region 107. A p-type third light guide layer 109 is formed on the stripe region 107 and the current block layer 108. The film thickness of the light absorption layer 106 is set to at least 5nm and equal to or less than 1/5 of the film thickness of the active layer 104 and at the same time the total film thickness of the second light guide layer 105 and the light absorption layer 106 is set to 0.3 $\mu$ m or less.



COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-205253

(43) 公開日 平成9年(1997) 8月5日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18			H 0 1 S 3/18	
G 1 1 B 7/125			G 1 1 B 7/125	A

審査請求 未請求 請求項の数42 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願平8-11459

(22) 出願日 平成8年(1996) 1月26日

(71) 出願人 000005843

松下電子工業株式会社

大阪府高槻市幸町1番1号

(72) 発明者 高山 徹

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

(72) 発明者 今藤 修

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

(72) 発明者 吉川 昭男

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 前田 弘 (外1名)

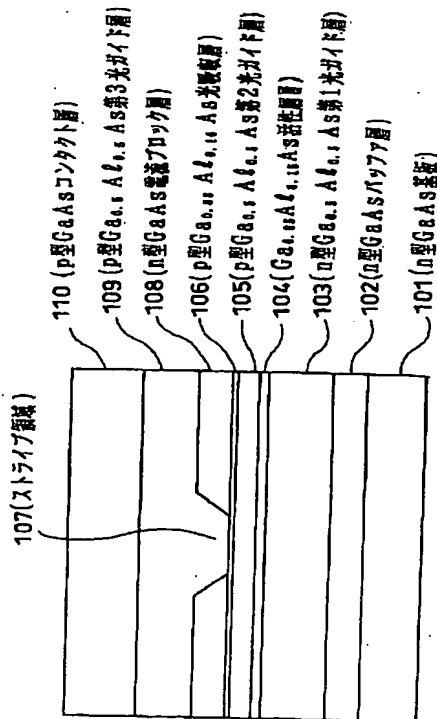
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置および光ピックアップ装置

(57) 【要約】

【課題】 低光出力時における電流-光出力特性の非線形を改善し、低光出力時においても光出力の大きさの制御が可能な半導体レーザ装置を提供する。

【解決手段】 n型の半導体基板101上に、n型のバッファ層102、n型の第1光ガイド層103、活性層104、p型の第2光ガイド層105及びp型の光吸収層106が順次形成されている。光吸収層106の上における中央部にp型のストライプ領域107が形成されていると共に、光吸収層106の上におけるストライプ領域107の両側にはn型の電流ブロック層108が形成されている。ストライプ領域107及び電流ブロック層108の上にはp型の第3光ガイド層109が形成されている。光吸収層106の膜厚は5nm以上で且つ活性層104の膜厚の5分の1以下に設定されていると共に、第2光ガイド層105と光吸収層106との合計膜厚は0.3μm以下に設定されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上に第2導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する光吸収層が形成され、該光吸収層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記光吸収層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 前記第2光ガイド層と前記光吸収層との合計膜厚は0.3μm以下に設定されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ装置。

【請求項3】 前記光吸収層は量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体レーザ装置。

【請求項4】 前記活性層は多重量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体レーザ装置。

【請求項5】 前記光吸収層は量子井戸構造を有していると共に、前記活性層は多重量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体レーザ装置。

【請求項6】 半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第2光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記第1光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項7】 前記第2光ガイド層の膜厚は0.3μm以下に設定されていることを特徴とする請求項6に記載の半導体レーザ装置。

【請求項8】 前記光吸収層は量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項6又は7に記載の半導体レーザ装置。

【請求項9】 前記活性層は多重量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項6又は7に記載の半導体レーザ装置。

【請求項10】 前記光吸収層は量子井戸構造を有していると共に、前記活性層は多重量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項6又は7に記載の半導体レーザ装置。

【請求項11】 半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上に第2導電型の半導体層よりなり前記活性層より発振されるレーザ光に対して透明な第3光ガイド層が形成され、該第3光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第3光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の半導体層よりなる第4光ガイド層が形成され、前記第1光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項12】 前記第2光ガイド層と前記第3光ガイド層との合計膜厚は0.3μm以下に設定されていることを特徴とする請求項11に記載の半導体レーザ装置。

【請求項13】 前記光吸収層は量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項11又は12に記載の半導体レーザ装置。

【請求項14】 前記活性層は多重量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項11又は12に記載の半導体レーザ装置。

【請求項15】 前記光吸収層は量子井戸構造を有していると共に、前記活性層は多重量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項11又は12に記載の半導体レーザ装置。

【請求項16】 半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第2光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記第2光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1

## 3

層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項17】 前記吸収層を含む前記第2光ガイド層の膜厚は0.3μm以下に設定されていることを特徴とする請求項16に記載の半導体レーザ装置。

【請求項18】 前記光吸収層は量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項16又は17に記載の半導体レーザ装置。

【請求項19】 前記活性層は多重量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項16又は17に記載の半導体レーザ装置。

【請求項20】 前記光吸収層は量子井戸構造を有していると共に、前記活性層は多重量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項16又は17に記載の半導体レーザ装置。

【請求項21】 半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2の光ガイド層の上に第2導電型の半導体層よりなり前記活性層より発振されるレーザ光に対して透明な第3光ガイド層が形成され、該第3光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第3光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記第2光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項22】 前記光吸収層を含む前記第2光ガイド層と前記第3の光ガイド層との合計膜厚は0.3μm以下に設定されていることを特徴とする請求項21に記載の半導体レーザ装置。

【請求項23】 前記光吸収層は量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項21又は22に記載の半導体レーザ装置。

【請求項24】 前記活性層は多重量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項21又は22に記載の半導体レーザ装置。

【請求項25】 前記光吸収層は量子井戸構造を有していると共に、前記活性層は多重量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項21又は22に記載の半導体レーザ装置。

【請求項26】 半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層

## 4

の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第2光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記第3光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項27】 前記第2光ガイド層の膜厚は0.3μm以下に設定されていることを特徴とする請求項26に記載の半導体レーザ装置。

【請求項28】 前記光吸収層は量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項26又は27に記載の半導体レーザ装置。

【請求項29】 前記活性層は多重量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項26又は27に記載の半導体レーザ装置。

【請求項30】 前記光吸収層は量子井戸構造を有していると共に、前記活性層は多重量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項26又は27に記載の半導体レーザ装置。

【請求項31】 半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上に第2導電型の半導体層よりなり前記活性層より発振されるレーザ光に対して透明な第3光ガイド層が形成され、該第3光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第3光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の半導体層よりなる第4光ガイド層が形成され、前記第4光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項32】 前記第2光ガイド層と前記第3光ガイド層との合計膜厚は0.3μm以下に設定されていることを特徴とする請求項31に記載の半導体レーザ装置。

【請求項33】 前記光吸収層は量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項31又は32に記載の半導体レーザ装置。

【請求項34】 前記活性層は多重量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項31又は32に記載の半導体レーザ装置。

【請求項35】 前記光吸収層は量子井戸構造を有していると共に、前記活性層は多重量子井戸構造を有していることを特徴とする請求項31又は32に記載の半導体レーザ装置。

【請求項36】 半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上に第2導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する光吸収層が形成され、該光吸収層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記光吸収層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定され、前記第2光ガイド層と前記光吸収層との合計膜厚は0.3μm以下に設定されている半導体レーザ装置と、  
前記半導体レーザ装置から出射される光ビームを情報記録面に集光する集光手段と、  
前記情報記録面から反射してくる光ビームを検出する光検出手段とを備えていることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項37】 半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第2光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記第1光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定され、前記第2光ガイド層の膜厚は0.3μm以下に設定されている半導体レーザ装置と、  
前記半導体レーザ装置から出射される光ビームを情報記録面に集光する集光手段と、  
前記情報記録面から反射してくる光ビームを検出する光検出手段とを備えていることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項38】 半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上に第2導電型の半導体層よりなり前記活性層より発振されるレーザ光に対して透明な第3光ガイド層が形成され、該第3光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第3光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の半導体層よりなる第4光ガイド層が形成され、前記第1光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定され、前記第2光ガイド層と前記第3光ガイド層との合計膜厚は0.3μm以下に設定されている半導体レーザ装置と、

前記半導体レーザ装置から出射される光ビームを情報記録面に集光する集光手段と、  
前記情報記録面から反射してくる光ビームを検出する光検出手段とを備えていることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項39】 半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第2光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記第2光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定され、前記光吸収層を含む前記第2光ガイド層の膜厚は0.3μm以下に設定されている半導体レーザ装置と、  
前記半導体レーザ装置から出射される光ビームを情報記録面に集光する集光手段と、  
前記情報記録面から反射してくる光ビームを検出する光検出手段とを備えていることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項40】 半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2の光ガイド層の上に第2導電型の半導体

層よりなり前記活性層より発振されるレーザ光に対して透明な第3光ガイド層が形成され、該第3光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第3光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記第2光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5 nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されていると共に、前記光吸収層を含む前記第2光ガイド層と前記第3の光ガイド層との合計膜厚は0.3  $\mu$ m以下に設定されている半導体レーザ装置と、

前記半導体レーザ装置から出射される光ビームを情報記録面に集光する集光手段と、

前記情報記録面から反射してくる光ビームを検出する光検出手段とを備えていることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項41】 半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第2光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記第3光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5 nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定され、前記第2光ガイド層の膜厚は0.3  $\mu$ m以下に設定されている半導体レーザ装置と、

前記半導体レーザ装置から出射される光ビームを情報記録面に集光する集光手段と、

前記情報記録面から反射してくる光ビームを検出する光検出手段とを備えていることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項42】 半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上に第2導電型の半導体層よりなり前記活性層より発振されるレーザ光に対して透明な第3光ガイド層が形成され、該第3光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第3光ガイド層の上における

前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の半導体層よりなる第4光ガイド層が形成され、前記第4光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5 nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されていると共に、前記第2光ガイド層と前記第3光ガイド層との合計膜厚は0.3  $\mu$ m以下に設定されている半導体レーザ装置と、前記半導体レーザ装置から出射される光ビームを情報記録面に集光する集光手段と、

前記情報記録面から反射してくる光ビームを検出する光検出手段とを備えていることを特徴とする光ピックアップ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光ディスク等の光ピックアップ装置の光源として好適な電流-光出力特性の線形性に優れている半導体レーザ装置及び該半導体レーザ装置を光源として用いる光ピックアップ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 光ディスク等の光ピックアップ装置の光源として、従来、シングルモード発振を生じる半導体レーザ装置が用いられている。この場合、半導体レーザ装置から出射されたレーザ光が、光ディスクにより反射された後、再び半導体レーザ装置の端面に入射することによって生じる戻り光雑音を低減するために、信号再生時に半導体レーザ装置に高周波の電流を重畳させることにより発振スペクトルをマルチモード化させ、レーザ光の持つ緩衝性を小さくし、戻り光雑音を低減する方法が採られている。

【0003】 図18は前記従来の半導体レーザ装置を光源として用いる従来の第1の光ピックアップ装置の概略構成を示している。図18に示すように、半導体レーザ30Aから出力されたレーザ光は、コリメートレンズ31により平行光とされた後、ビームスプリッタ32を通過し、その後、対物レンズ33により光ディスク34の情報記録面に到達する。光ディスク34の情報記録面から反射されてきたレーザ光はビームスプリッタ32により方向を変換された後、検出レンズ35により集光され、その後、ホログラム光学素子36を通過して受光素子37により光強度が検出される。図18において、38は半導体レーザ装置30Aにマルチモード発振させるための高周波重畳回路モジュールである。

【0004】 図19は前記従来の半導体レーザ装置を光源として用いる従来の第2の光ピックアップ装置の概略構成を示している。図19において、40Aは、従来の半導体レーザ装置、受光素子及びホログラム光学素子が

集積化されてなるレーザユニットであって、レーザユニット40Aを構成する半導体レーザ装置から出力されたレーザビームはコリメートレンズ41により平行光とされた後、対物レンズ42により光ディスク43の情報記録面に集光される。光ディスク43の情報記録面から反射されてきたレーザビームは対物レンズ42及びコリメートレンズ41を通過した後、レーザユニット40Aを構成する光学素子により光強度を検出される。図20において、44は高周波重畳回路モジュール、45は高周波重畳回路モジュール44から発生する高周波をシールドするシールド部材である。

【0005】最近、高周波電流重畳を用いないで、戻り光雑音を低減する方法として、半導体レーザの自励発振現象を利用し、発振スペクトルをマルチモード化させた半導体レーザを用いる方法が提案されている。

【0006】以下、自励発振する従来の半導体レーザ装置について説明する。

【0007】図20は、特開平6-196810号公報に示されている自励発振する従来の半導体レーザ装置の断面構造を示しており、図20に示すように、n型のガリウムヒ素(GaAs)よりなる半導体基板11の上に、n型ガリウムアルミヒ素(GaAlAs)よりなる第1クラッド層12、n型GaAlAsよりなる第1可飽和吸収層13、n型GaAlAsよりなる第2クラッド層14、アンドープ型GaAlAsよりなる活性層15、p型GaAlAsよりなる第3クラッド層16、p型GaAlAsよりなる第2可飽和吸収層17が順次形成されている。また、第2可飽和吸収層17の上における中央部にp型GaAlAsよりなり0.5 $\mu$ m~1 $\mu$ mの高さと4 $\mu$ mの下面幅とを持ちストライプ状に延びるリッジ状の第4クラッド層18が形成され、第4クラッド層18の上にはp型GaAsよりなる膜厚0.3 $\mu$ mのキャップ層19が形成されている。また、第2可飽和吸収層17の上における第4クラッド層18及びキャップ層19の両側にはn型GaAsよりなる膜厚0.8 $\mu$ mの電流ブロック層20が形成され、電流ブロック層20及びキャップ層19の上にはp型GaAsよりなる膜厚4 $\mu$ mのコンタクト層21が形成されている。

【0008】前記従来の半導体レーザ装置においては、コンタクト層21から注入された電流はストライプ状に延びるリッジ状の第4クラッド層18内に有効に閉じ込められ、活性層15における第4クラッド層18の下側の領域でレーザ発振が生じる。この場合、電流ブロック層20がレーザ光を吸収するので、発振したレーザ光は第4クラッド層18内に有効に閉じ込められる。また、第1及び第2の可飽和吸収層13、17のバンドギャップエネルギーを活性層15のバンドギャップエネルギーと略等しくして、第1及び第2の可飽和吸収層13、17に発振レーザ光に対する可飽和吸収効果を持たせることにより自励発振を行なわせている。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところが、前記従来の半導体レーザ装置においては、低光出力時において、電流-光出力特性に非線形性が生じるので、光ディスク等の光ピックアップ装置の光源として用いる際には実用上重大な問題がある。すなわち、光ディスク等の情報の読み出し時における光出力としては3mW程度が好ましいが、レーザ発振後の僅かな注入電流の増加により光出力が5mW程度にまで急激に増大してしまうので、読み出しに必要な光出力を一定の大きさに保つことが困難になるという問題が存在する。

【0010】また、前述したように、光ディスク等の情報の読み出しには3mW程度の光出力が好ましく、情報の書き込みには30mW程度の光出力が好ましいが、前記従来の半導体レーザ装置を光源として用いる光ピックアップ装置においては、3mW~30mWの光出力の範囲内において電流-光出力特性に線形性が得られないので、従来の半導体レーザ装置を光ピックアップ装置に用いることは困難であった。

【0011】また、書き換え型の光ディスクの光ピックアップ装置においては、光利用効率を大きくするべくレンズのレーザ側のNA(Numerical Aperture)はCD

(Compact Disk)のNAに比べて大きく設計されているので、非点隔差の影響が出やすい。このため、3mWの光出力による読み出し時の非点隔差の値と30mWの光出力による書き込み時の非点隔差の値との差が大きくなってしまいうので、半導体レーザ装置からの出射光をレンズにより集光した場合にスポット状に小さく絞れないという問題がある。そこで、非点隔差を補正するための光学部品が必要になるが、非点隔差を補正する光学部品は、光ピックアップ装置の小型化及び低コスト化を阻害する要因になる。非点隔差を補正する光学部品を用いないようにするためには、半導体レーザ装置の非点隔差を5 $\mu$ m以下に抑制する必要があるが、従来の半導体レーザ装置においては、非点隔差は10 $\mu$ m程度と大きいので、非点隔差を補正する光学部品の使用は避けられない。

【0012】前記に鑑み、本発明は、低光出力時における電流-光出力特性の非線形を改善し、低光出力時においても光出力の大きさの制御が容易な半導体レーザ装置を提供することを第1の目的とし、光ディスク等に対する安定した読み出し及び書き込みが可能で且つ小型化を図ることができる光ピックアップ装置を提供することを第2の目的とする。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、光吸収層の膜厚を5nm以上にすると自励発振すると共に、光吸収層の膜厚を活性層の膜厚の5分の1以下にすると低光出力時において電流-光出力特性に線形性が得られるということを見出し、該知見に基づいて成されたものであ

る。

【0014】具体的に請求項1の発明が講じた解決手段は、半導体レーザ装置を、半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上に第2導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する光吸収層が形成され、該光吸収層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記光吸収層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されている構成とするものである。

【0015】請求項1の構成により、光吸収層の膜厚は5nm以上であるため、光吸収層による可飽和吸収効果が確保できるので、自励発振を生じさせることができ、また、光吸収層の膜厚は活性層の膜厚の5分の1以下に設定されているため、光分布の活性層への垂直方向の光閉じ込め係数が光吸収層への光閉じ込め係数よりも十分に大きくなる。

【0016】請求項2の発明は、請求項1の構成に、前記第2光ガイド層と前記光吸収層との合計膜厚は0.3μm以下に設定されている構成を付加するものである。

【0017】請求項2の構成により、安定な屈折率導波機構を確保できると共に、横方向の光分布の電流チャンネル内への閉じ込めが強くなるので、導波光が電流ブロック層及び活性層における電流ブロック層の下側の領域において受ける光吸収損失を低減できる。

【0018】請求項3の発明は、請求項1又は2の構成に、前記光吸収層は量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0019】請求項4の発明は、請求項1又は2の構成に、前記活性層は多重量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0020】請求項5の発明は、請求項1又は2の構成に、前記光吸収層は量子井戸構造を有していると共に、前記活性層は多重量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0021】請求項6の発明が講じた解決手段は、半導体レーザ装置を、半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第2光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両

側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記第1光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されている構成とするものである。

【0022】請求項6の構成により、光吸収層の膜厚は5nm以上であるため、光吸収層による可飽和吸収効果が確保できるので、自励発振を生じさせることができ、また、光吸収層の膜厚は活性層の膜厚の5分の1以下に設定されているため、光分布の活性層への垂直方向の光閉じ込め係数が光吸収層への光閉じ込め係数よりも十分に大きくなる。

【0023】請求項7の発明は、請求項6の構成に、前記第2光ガイド層の膜厚は0.3μm以下に設定されている構成を付加するものである。

【0024】請求項7の構成により、安定な屈折率導波機構を確保できると共に、横方向の光分布の電流チャンネル内への閉じ込めが強くなるので、導波光が電流ブロック層及び活性層における電流ブロック層の下側の領域において受ける光吸収損失を低減できる。

【0025】請求項8の発明は、請求項6又は7の構成に、前記光吸収層は量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0026】請求項9の発明は、請求項6又は7の構成に、前記活性層は多重量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0027】請求項10の発明は、請求項6又は7の構成に、前記光吸収層は量子井戸構造を有していると共に、前記活性層は多重量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0028】請求項11の発明が講じた解決手段は、半導体レーザ装置を、半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上に第2導電型の半導体層よりなり前記活性層より発振されるレーザ光に対して透明な第3光ガイド層が形成され、該第3光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第3光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の半導体層よりなる第4光ガイド層が形成され、前記第1光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記



活性層の膜厚の5分の1以下に設定されている構成とするものである。

【0029】請求項11の構成により、光吸収層の膜厚は5nm以上であるため、光吸収層による可飽和吸収効果が確保できるので、自励発振を生じさせることができ、また、光吸収層の膜厚は活性層の膜厚の5分の1以下に設定されているため、光分布の活性層への垂直方向の光閉じ込め係数が光吸収層への光閉じ込め係数よりも十分に大きくなる。

【0030】請求項12の発明は、請求項11の構成に、前記第2光ガイド層と前記第3光ガイド層との合計膜厚は0.3μm以下に設定されている構成を付加するものである。

【0031】請求項12の構成により、安定な屈折率導波機構を確保できると共に、横方向の光分布の電流チャネル内への閉じ込めが強くなるので、導波光が電流ブロック層及び活性層における電流ブロック層の下側の領域において受ける光吸収損失を低減できる。

【0032】請求項13の発明は、請求項11又は12の構成に、前記光吸収層は量子井戸構造を有して構成を付加するものである。

【0033】請求項14の発明は、請求項11又は12の構成に、前記活性層は多重量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0034】請求項15の発明は、請求項11又は12の構成に、前記光吸収層は量子井戸構造を有していると共に、前記活性層は多重量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0035】請求項16の発明が講じた解決手段は、半導体レーザ装置を、半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第2光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記第2光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されている構成とするものである。

【0036】請求項16の構成により、光吸収層の膜厚は5nm以上であるため、光吸収層による可飽和吸収効果が確保できるので、自励発振を生じさせることができ、また、光吸収層の膜厚は活性層の膜厚の5分の1以下に設定されているため、光分布の活性層への垂直方向の光閉じ込め係数が光吸収層への光閉じ込め係数よりも

十分に大きくなる。

【0037】請求項17の発明は、請求項16の構成に、前記光吸収層を含む前記第2光ガイド層の膜厚は0.3μm以下に設定されている構成を付加するものである。

【0038】請求項17の構成により、安定な屈折率導波機構を確保できると共に、横方向の光分布の電流チャネル内への閉じ込めが強くなるので、導波光が電流ブロック層及び活性層における電流ブロック層の下側の領域において受ける光吸収損失を低減できる。

【0039】請求項18の発明は、請求項16又は17の構成に、前記光吸収層は量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0040】請求項19の発明は、請求項16又は17の構成に、前記活性層は多重量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0041】請求項20の発明は、請求項16又は17の構成に、前記光吸収層は量子井戸構造を有していると共に、前記活性層は多重量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0042】請求項21の発明が講じた解決手段は、半導体レーザ装置を、半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2の光ガイド層の上に第2導電型の半導体層よりなり前記活性層より発振されるレーザ光に対して透明な第3光ガイド層が形成され、該第3光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第3光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記第2光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されている構成とするものである。

【0043】請求項21の構成により、光吸収層の膜厚は5nm以上であるため、光吸収層による可飽和吸収効果が確保できるので、自励発振を生じさせることができ、また、光吸収層の膜厚は活性層の膜厚の5分の1以下に設定されているため、光分布の活性層への垂直方向の光閉じ込め係数が光吸収層への光閉じ込め係数よりも十分に大きくなる。

【0044】請求項22の発明は、請求項21の構成に、前記光吸収層を含む前記第2光ガイド層と前記第3の光ガイド層との合計膜厚は0.3μm以下に設定されている構成を付加するものである。

【0045】請求項22の構成により、安定な屈折率導

波機構を確保できると共に、横方向の光分布の電流チャネル内への閉じ込めが強くなるので、導波光が電流ブロック層及び活性層における電流ブロック層の下側の領域において受ける光吸収損失を低減できる。

【0046】請求項23の発明は、請求項21又は22の構成に、前記光吸収層は量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0047】請求項24の発明は、請求項21又は22の構成に、前記活性層は多重量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0048】請求項25の発明は、請求項21又は22の構成に、前記光吸収層は量子井戸構造を有していると共に、前記活性層は多重量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0049】請求項26の発明が講じた解決手段は、半導体レーザ装置を、半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第2光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記第3光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されている構成とするものである。

【0050】請求項26の構成により、光吸収層の膜厚は5nm以上であるため、光吸収層による可飽和吸収効果が確保できるので、自励発振を生じさせることができ、また、光吸収層の膜厚は活性層の膜厚の5分の1以下に設定されているため、光分布の活性層への垂直方向の光閉じ込め係数が光吸収層への光閉じ込め係数よりも十分に大きくなる。

【0051】請求項27の発明は、請求項26の構成に、前記第2光ガイド層の膜厚は0.3μm以下に設定されている構成を付加するものである。

【0052】請求項27の構成により、安定な屈折率導波機構を確保できると共に、横方向の光分布の電流チャネル内への閉じ込めが強くなるので、導波光が電流ブロック層及び活性層における電流ブロック層の下側の領域において受ける光吸収損失を低減できる。

【0053】請求項28の発明は、請求項26又は27の構成に、前記光吸収層は量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0054】請求項29の発明は、請求項26又は27の構成に、前記活性層は多重量子井戸構造を有している

構成を付加するものである。

【0055】請求項30の発明は、請求項26又は27の構成に、前記光吸収層は量子井戸構造を有していると共に、前記活性層は多重量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0056】請求項31の発明が講じた解決手段は、半導体レーザ装置を、半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上に第2導電型の半導体層よりなり前記活性層より発振されるレーザ光に対して透明な第3光ガイド層が形成され、該第3光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第3光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の半導体層よりなる第4光ガイド層が形成され、前記第4光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されている構成とするものである。

【0057】請求項31の構成により、光吸収層の膜厚は5nm以上であるため、光吸収層による可飽和吸収効果が確保できるので、自励発振を生じさせることができ、また、光吸収層の膜厚は活性層の膜厚の5分の1以下に設定されているため、光分布の活性層への垂直方向の光閉じ込め係数が光吸収層への光閉じ込め係数よりも十分に大きくなる。

【0058】請求項32の発明は、請求項31の構成に、前記第2光ガイド層と前記第3光ガイド層との合計膜厚は0.3μm以下に設定されている構成を付加するものである。

【0059】請求項32の構成により、安定な屈折率導波機構を確保できると共に、横方向の光分布の電流チャネル内への閉じ込めが強くなるので、導波光が電流ブロック層及び活性層における電流ブロック層の下側の領域において受ける光吸収損失を低減できる。

【0060】請求項33の発明は、請求項31又は32の構成に、前記光吸収層は量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0061】請求項34の発明は、請求項31又は32の構成に、前記活性層は多重量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0062】請求項35の発明は、請求項31又は32の構成に、前記光吸収層は量子井戸構造を有していると共に、前記活性層は多重量子井戸構造を有している構成を付加するものである。

【0063】請求項36の発明が講じた解決手段は、光ピックアップ装置を、半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上に第2導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する光吸収層が形成され、該光吸収層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記光吸収層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定され、前記第2光ガイド層と前記光吸収層との合計膜厚は0.3 $\mu$ m以下に設定されている半導体レーザ装置と、前記半導体レーザ装置から出射される光ビームを情報記録面に集光する集光手段と、前記情報記録面から反射してくる光ビームを検出する光検出手段とを備えている構成とするものである。

【0064】請求項37の発明が講じた解決手段は、光ピックアップ装置を、半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第2光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記第1光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定され、前記第2光ガイド層の膜厚は0.3 $\mu$ m以下に設定されている半導体レーザ装置と、前記半導体レーザ装置から出射される光ビームを情報記録面に集光する集光手段と、前記情報記録面から反射してくる光ビームを検出する光検出手段とを備えている構成とするものである。

【0065】請求項38の発明が講じた解決手段は、光ピックアップ装置を、半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上に第2導電型の半導体層よりなり前記活性層より発振されるレーザ光に対して透明な第3光ガイド層が形成され、該第3光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるス

トライブ領域が形成され、前記第3光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の半導体層よりなる第4光ガイド層が形成され、前記第1光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定され、前記第2光ガイド層と前記第3光ガイド層との合計膜厚は0.3 $\mu$ m以下に設定されている半導体レーザ装置と、前記半導体レーザ装置から出射される光ビームを情報記録面に集光する集光手段と、前記情報記録面から反射してくる光ビームを検出する光検出手段とを備えている構成とするものである。

【0066】請求項39の発明が講じた解決手段は、光ピックアップ装置を、半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第2光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記第2光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定され、前記光吸収層を含む前記第2光ガイド層の膜厚は0.3 $\mu$ m以下に設定されている半導体レーザ装置と、前記半導体レーザ装置から出射される光ビームを情報記録面に集光する集光手段と、前記情報記録面から反射してくる光ビームを検出する光検出手段とを備えている構成とするものである。

【0067】請求項40の発明が講じた解決手段は、光ピックアップ装置を、半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2の光ガイド層の上に第2導電型の半導体層よりなり前記活性層より発振されるレーザ光に対して透明な第3光ガイド層が形成され、該第3光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第3光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成

され、前記第2光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されていると共に、前記光吸収層を含む前記第2光ガイド層と前記第3の光ガイド層との合計膜厚は0.3μm以下に設定されている半導体レーザ装置と、前記半導体レーザ装置から出射される光ビームを情報記録面に集光する集光手段と、前記情報記録面から反射してくる光ビームを検出する光検出手段とを備えている構成とするものである。

【0068】請求項41の発明が講じた解決手段は、光ピックアップ装置を、半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第2光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の第3光ガイド層が形成され、前記第3光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定され、前記第2光ガイド層の膜厚は0.3μm以下に設定されている半導体レーザ装置と、前記半導体レーザ装置から出射される光ビームを情報記録面に集光する集光手段と、前記情報記録面から反射してくる光ビームを検出する光検出手段とを備えている構成とするものである。

【0069】請求項42の発明が講じた解決手段は、光ピックアップ装置を、半導体基板上に第1導電型の半導体層よりなる第1光ガイド層が形成され、該第1光ガイド層の上に半導体層よりなる活性層が形成され、該活性層の上に第2導電型の半導体層よりなる第2光ガイド層が形成され、該第2光ガイド層の上に第2導電型の半導体層よりなり前記活性層より発振されるレーザ光に対して透明な第3光ガイド層が形成され、該第3光ガイド層の上における中央部に第2導電型の半導体層よりなるストライプ領域が形成され、前記第3光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に第1導電型の半導体層よりなり前記活性層から発振するレーザ光を吸収する電流ブロック層が形成され、前記ストライプ領域及び電流ブロック層の上に第2導電型の半導体層よりなる第4光ガイド層が形成され、前記第4光ガイド層は前記活性層から発振するレーザ光を吸収する少なくとも1層の光吸収層を有し、前記光吸収層の膜厚は5nm以上で且つ前記活性層の膜厚の5分の1以下に設定されていると共に、前記第2光ガイド層と前記第3光ガイド層との合計膜厚は0.3μm以下に設定されている半導体レーザ装

置と、前記半導体レーザ装置から出射される光ビームを情報記録面に集光する集光手段と、前記情報記録面から反射してくる光ビームを検出する光検出手段とを備えている構成とするものである。

【0070】請求項36~42の構成により、半導体レーザ装置が自励発振を生じるので、半導体レーザ装置のノイズを低減するために従来必要であった高周波重畳回路モジュールが不要になる。また、半導体レーザ装置の非点隔差が小さいので、光ディスク等の情報の読み出しに適当な3mW程度の光出力時の非点隔差の値と情報の書き込みに適当な30mW程度の光出力時の非点隔差の値との差も小さくなる。さらに、3mW~30mWの光出力の範囲内において電流-光出力特性に線形性が得られる。

【0071】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1の実施形態に係る半導体レーザ装置について図面を参照しながら説明する。

【0072】図1は第1の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面構造を示しており、図1に示すように、n型のGaAsよりなる半導体基板101の上に、n型のGaAsよりなる厚さ0.5μmのバッファ層102、n型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる厚さ2.0μmの第1光ガイド層103、Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>Asよりなる厚さ0.06μmの活性層104、p型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる厚さ0.24μmの第2光ガイド層105及びp型のGa<sub>0.86</sub>Al<sub>0.14</sub>Asよりなる厚さ0.01μmの光吸収層106が順次形成されている。光吸収層106の上における中央部にはp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなり電流チャネルを形成するための幅4μmのストライプ領域107が形成されていると共に、光吸収層106の上におけるストライプ領域107の両側にはn型のGaAsよりなる厚さ1.0μmの電流ブロック層108が形成されている。ストライプ領域107及び電流ブロック層108の上には、p型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる厚さ2.0μmの第3光ガイド層109がストライプ領域107と一体に形成され、第3光ガイド層109の上にはp型のGaAsよりなる厚さ2.0μmのコンタクト層110が形成されている。

【0073】電流ブロック層107は、安定した単一横モード発振を得るために、活性層104におけるストライプ領域107の下側部分から発振したレーザ光を吸収するGaAsからなっている。電流ブロック層107がレーザ光を吸収するため、電流ブロック層107の下側の光強度分布のピークは第1光ガイド層103側つまり半導体基板101側に押しやられるので、電流ブロック層107の下側の光分布の実効屈折率が低下する。このため、ストライプ領域107の下側の光分布の実効屈折率が、電流ブロック層107の下側の光分布の実効屈折率よりも高くなるので、屈折率導波機構が得られ、光分

布は安定して電流チャネル内に閉じこめられる。

【0074】以下、半導体レーザ装置が自励発振するために必要な光吸収層106の膜厚について説明する。

【0075】光吸収層106の膜厚が余り小さい場合には、光吸収層106における可飽和吸収効果が小さくなるので、自励発振が生じなくなる。従って、動作電流値の大幅な増大を招くことなく自励発振を生じさせ、対称性の良い垂直方向遠視野像を得るためには、光吸収層106の膜厚としては5nm以上が必要である。第1の実施形態においては光吸収層106の膜厚を10nmとしている。

【0076】以下、発振スペクトル特性と、禁制帯幅波長差 $\Delta\lambda$ （光吸収層106の禁制帯幅波長-活性層104の禁制帯幅波長）及び光吸収層106の膜厚との関係について説明する。

【0077】図2は、第2光ガイド層105の膜厚が安定な基本横モード発振をすることができる0.24 $\mu\text{m}$ であって、活性層104の膜厚が0.06 $\mu\text{m}$ の場合における、発振スペクトル特性の禁制帯幅波長差 $\Delta\lambda$ 及び光吸収層106の膜厚に対する依存性、並びに電流-光出力特性における非線形性の有無の実験結果を示している。

【0078】電流-光出力特性における非線形性とは、図3に示すように、電流-光出力特性の線形性が劣化し、レーザ発振後に光出力が急激に増大する特性のことである。電流-光出力特性の線形性に劣化が生じた場合には、光ディスクの情報を再生するために必要な低光出力時において光出力を一定に保つためのAPC（Automatic Power Control）駆動が不可能になって、実用上非常な支障をきたすことになる。

【0079】図2に示すように、電流-光出力特性の非線形性は禁制帯幅波長差 $\Delta\lambda$ を10nmよりも大きくした場合及び光吸収層106の厚さを12nmよりも大きくした場合に生じることが分かる。これは以下に示す理由による。すなわち、禁制帯幅波長差 $\Delta\lambda$ が10nmよりも大きくなったり、光吸収層106の厚さが12nmよりも大きくなったりすると、光吸収層106における光吸収損失が増大するので、レーザ発振に必要な注入電流量が増大する。この場合、活性層104の注入キャリア密度も増大していくが、活性層104のキャリア密度が高くなると、活性層104の持つ微分利得の低下が生じ、電流注入量を増大させた場合に導波光が受ける利得の増加量の割合も低下する。また、注入電流による半導体レーザ装置の発熱により、活性層104の持つ微分利得はますます低下する。このため、レーザ発振させるために注入電流量をさらに増加する必要が生じる。この結果、活性層104の持つ微分利得が一層低下し、また、発熱の影響に伴って活性層104の微分利得がより一層低下するので、導波光の受ける利得が損失を上回ること

10

20

30

40

50

まっていく。ところが、注入電流値がさらに増大していくと、ある注入電流値において導波光が受ける利得が損失を上回り、レーザ発振が生じて光出力が急激に高まる。この際、光吸収層106において発振レーザ光によりキャリアが励起され、光吸収効果が急激に小さくなるため、導波光が受ける光吸収損失は急激に小さくなる。この結果、導波光の受ける利得が損失をはるかに上回ることで、レーザ発振後の光出力が急激に増加し、電流-光出力に非線形性が生じてしまうのである。前記のような電流-光出力の非線形性は、実用上重大な支障をきたすので避けなければならない。

【0080】第1の実施形態によると、前述したように、第2光ガイド層105の上に発振レーザ光を吸収し可飽和吸収効果を生じさせる光吸収層106が設けられていると共に、光吸収層106の膜厚を5nm以上で且つ12nm以下に設定しているため、レーザ発振特性においてマルチモードスペクトルを生じる自励発振を実現することができ、低雑音特性を得ることができると共に、線形性に優れた電流-光出力特性を得ることができる。すなわち、活性層104の持つ微分利得に飽和傾向が現れない注入キャリア密度状態においてレーザ発振を生じさせることができる。

【0081】また、活性層104の膜厚が60nmであるのに対して光吸収層106の膜厚を12nm以下にしているため、光吸収層106自体の体積が増大しないので、活性層104において生じる発振レーザ光に対する光吸収層106の光吸収の飽和が困難になることがない。このため、活性層104において導波光が受ける利得を大きくする必要がないので、電流注入量を増大させる必要がなくなり、動作電流値の大幅な増大を防止でき、半導体レーザ装置の発熱量の増大については信頼性の低下を防止することができる。また、光吸収層106の膜厚が小さいために、垂直方向の光分布に変形が生じないので、遠視野像における垂直方向のビームパターンに非対称性が生じず、これにより、半導体レーザ装置からの出射光とレンズとの結合効率の低下を回避できる。

【0082】ところで、線形性に優れた電流-光出力特性を得るための光吸収層106の膜厚は活性層104の膜厚により変化する。すなわち、活性層104の膜厚がより大きい場合には、動作キャリア密度が低下し、より微分利得の高い動作点で半導体レーザ装置を動作させることになり、活性層104への光の閉じこめ係数が増大するため、注入電流の増加に対する導波光の受ける利得の増加の割合が増大するので、電流-光出力特性に非線形性は生じ難くなる。

【0083】図4は、活性層104の膜厚が80nmである場合における、発振スペクトル特性の禁制帯幅波長差 $\Delta\lambda$ 及び光吸収層106の膜厚に対する依存性の実験結果、並びに電流-光出力特性における非線形性の有無の実験結果を示している。尚、図4は、第2光ガイド層

105の膜厚が安定な基本横モード発振をすることができ0.24 $\mu\text{m}$ の場合の特性を示している。

【0084】図4から分かるように、活性層104の膜厚が大きくなると、電流-光出力特性に非線形性を生じさせることなく自励発振する領域は増大する。これは、前述のように、活性層104の膜厚を大きくすると、注入電流の増加に対する導波光の受ける利得の増加割合が増大するので、電流-光出力特性に非線形性が生じ難くなるからである。活性層104の膜厚が80nmの場合、光吸収層106の膜厚としては5nm以上で16nm以下に設定する必要があることが分かる。

【0085】図5は、活性層104の膜厚と、電流-光出力特性に非線形を生じないための光吸収層106の最大膜厚との関係を示している。図5において斜線で示す領域に光吸収層106の膜厚を設定すると、電流-光出力特性に非線形性を生じさせることなく自励発振を得ることができる。

【0086】以上の検討から、活性層104の膜厚が通常採用されている30nm以上で80nm以下の場合には、光吸収層106の膜厚を活性層104の膜厚の5分の1以下に設定すると、電流-光出力特性に非線形を生じないことが分かる。

【0087】尚、光吸収層106が複数層設けられている場合には、複数の光吸収層106の合計膜厚を活性層104の膜厚の5分の1以下に設定すると、また、光吸収層106が量子井戸構造を有している場合には、各井戸層の合計膜厚を活性層104の膜厚の5分の1以下に設定すると、電流-光出力特性に非線形が生じない。

【0088】以下、横方向の光分布及び非点隔差について検討する。

【0089】横方向の光分布は、電流チャンネルの幅Wと電流チャンネルの内外実効屈折率差 $\Delta n$ とによって決定される。

【0090】第1の実施形態においては、電流ブロック層108において導波光が受ける光吸収損失を低減し且つ基本横モード発振を得るために、電流チャンネル幅Wを4 $\mu\text{m}$ としている。

【0091】また、電流チャンネルの内外実効屈折率差 $\Delta n$ は第2光ガイド層105と光吸収層106との合計膜厚d pにより決定される。図6は、内外実効屈折率差 $\Delta n$ の合計膜厚d pに対する依存性についての計算結果を示している。この計算において、光吸収層106の膜厚は10nmとしている。図6に示すように、合計膜厚d pが小さくなれば内外実効屈折率差 $\Delta n$ は大きくなる。電流注入によるプラズマ効果に起因する電流チャンネル内部の実効屈折率の低下によって、導波機構が屈折率導波機構から反屈折率導波機構に変化することを防ぎ、安定な基本横モード発振を得るためには、内外実効屈折率差 $\Delta n$ としては $3 \times 10^{-3}$ 以上の値が必要である。従って、第2光ガイド層105と光吸収層106

との合計膜厚d pの値は0.3 $\mu\text{m}$ 以下にしなければならないことが分かる。

【0092】第2光ガイド層105と光吸収層106との合計膜厚d pの値が0.3 $\mu\text{m}$ 以下になるように半導体レーザ装置を作製すれば、安定した基本横モード発振を得ることができると共に、横方向の光分布の電流チャンネル内への閉じこめが強くなって導波光が電流ブロック層108及び活性層104における電流ブロック層108の下側部分において受ける光吸収損失を低減することができ、これにより、発振しきい値電流の低減と導波光の横方向の等位相面の湾曲の低減とを実現できる。等位相面の湾曲は非点隔差をもたらす、出射光をレンズによりスポット状に集光させることを困難にするため、実用上支障をきたす。従って、第2光ガイド層105と光吸収層106との合計膜厚d pの値が0.3 $\mu\text{m}$ 以下になるように半導体レーザ装置を作製すれば、発振しきい値電流の低減と5 $\mu\text{m}$ 以下の非点隔差の実現とを図ることができる。

【0093】尚、図6に示す計算においては、光吸収層106の膜厚を10nmとしているが、光吸収層106の膜厚が12nm以下であれば、光吸収層106の膜厚が非常に小さいので光分布は殆ど影響を受けず、第2光ガイド層105と光吸収層106との合計膜厚d pが0.3 $\mu\text{m}$ 以下の場合、内外実効屈折率差 $\Delta n$ は $3 \times 10^{-3}$ 以上になることは言うまでもない。

【0094】また、図6に示す計算においては、活性層104の厚さが60nmである場合を前提としたが、活性層104の厚さが通常採用されている30nm以上で80nm以下の場合については、前述した説明が妥当することは言うまでもない。

【0095】また、活性層104と電流ブロック層108との間に光吸収層106が複数層存在する場合又は活性層104と電流ブロック層108との間に光吸収層106が設けられていない場合でも、活性層104と電流ブロック層108との間に存在する半導体層の合計膜厚が0.3 $\mu\text{m}$ 以下であれば、前述した説明が成り立つことは言うまでもない。

【0096】第1の実施形態においては、第2光ガイド層105と光吸収層106との合計膜厚が0.25 $\mu\text{m}$ と小さいために、電流ブロック層107の下側の光分布は半導体基板101側に押しやられるので、電流ブロック層107の下側の光分布の実効屈折率が低下する。このため、電流チャンネル内外の実効屈折率差 $\Delta n$ としては $8 \times 10^{-3}$ と大きい値を実現できるので、光の横方向の分布を電流チャンネル内に閉じ込めることができる。このため、光分布の電流チャンネル外へのしみだしが小さくなり、導波光が電流ブロック層108及び活性層104におけるストライプ領域107の下側部分において受ける光吸収損失が少なくなると共に非点隔差が小さくなる。

【0097】図7(a)は第1の実施形態に係る半導体



レーザ装置の電流-光出力特性を示し、図7(b)は光吸収層を有する従来の自励発振型の半導体レーザ装置の電流-光出力特性を示している。測定に用いた各半導体レーザ装置の共振器長は $300\mu\text{m}$ であり、半導体レーザ装置の端面にコーティングは施していない。

【0098】従来の半導体レーザ装置においては、レーザ発振後、光出力が $5\text{mW}$ 程度に達するまでは光出力が急激に増大していることが分かる。このような特性が出る場合、光ディスクの情報を読み出す際に必要な $3\text{mW}$ 程度の光出力のときに、光出力を一定に保つためのAPC駆動が不可能となり、実用上非常な支障をきたしていた。

【0099】ところが、第1の実施形態に係る半導体レーザ装置においては、発振しきい値電流は $40\text{mA}$ であって、最大光出力は $30\text{mW}$ が得られている。また、電流-光出力特性にはAPC駆動を不可能にさせる非線形性は現れておらず直線性に優れた特性が得られている。また、横モードは安定な基本モードで発振した。スペクトルは $780\text{nm}$ 帯のセルフパルセーションを生じるマルチモードで発振しており、 $0\sim 10\%$ の戻り光率の範囲内で $-130\text{dB/Hz}$ 以下のRINの値を得ており、低雑音特性が得られた。さらに、非点隔差は $3\mu\text{m}$ であって低非点隔差の特性が得られた。

【0100】以下、第1の実施形態に係る半導体レーザ装置を構成する各層の混晶比について説明する。

【0101】まず、第1～第3の光ガイド層103、105、109の各AlAs混晶比と活性層104のAlAs混晶比との関係について説明する。

【0102】光ディスク等の光ピックアップ装置に使用される $780\text{nm}$ 帯の波長のレーザ光を用いるに際し、注入されたキャリアの活性層104からのオーバーフローを防ぎ、キャリアを活性層104に有効に閉じ込めるために、第1の実施形態においては、第1～第3の光ガイド層103、105、109の各AlAs混晶比を0.5としている。もっとも、第1～第3の光ガイド層103、105、109の各AlAs混晶比が活性層104のAlAs混晶比である0.15よりも少なくとも0.3以上大きければ、キャリアを活性層104に有効に閉じ込めることができることは言うまでもない。

【0103】以下、光吸収層106の禁制帯幅波長(禁制帯幅のエネルギーに相当する光の波長)について説明する。

【0104】光吸収層106にレーザ光を吸収させて可飽和吸収効果を得るためには、光吸収層106の禁制帯幅波長を活性層104の禁制帯幅波長よりも長くする必要がある。光吸収層106の禁制帯幅波長と活性層104の禁制帯幅波長との差である禁制帯幅波長差 $\Delta\lambda$ (光吸収層106の禁制帯幅波長-活性層104の禁制帯幅波長)が $4\text{nm}$ よりも小さい場合には、光吸収層106は活性層104から発振するレーザ光によりキャリアが

励起されて簡単にレーザ光に対して透明となってしまう。このため、 $1\text{mW}$ 以下の低光出力時において光吸収層106の可飽和吸収効果が弱まってしまい、 $1\text{mW}$ 以上の光出力時において自励発振は生じなくなる。

【0105】一方、禁制帯幅波長差 $\Delta\lambda$ が $10\text{nm}$ よりも大きい場合には、光吸収層106の光吸収は大きくなり過ぎ、光の吸収飽和が生じ難くなる。この場合にレーザ発振させるためには、光吸収層106の光吸収損失を補うべく注入電流量を増加させて活性層104において導波光が受ける利得を増大させる必要がある。ところが、注入電流量を大きくすると、発振しきい値電流の大幅な増大と外部微分量子効率の低下とがもたらされる。

【0106】従って、発振しきい値電流の大幅な増大を招くことなく自励発振を得るためには、禁制帯幅波長差 $\Delta\lambda$ の値が $4\text{nm}$ 以上で且つ $10\text{nm}$ 以下の範囲内になるように、半導体レーザ装置を作製する必要がある。そこで、第1の実施形態においては、禁制帯幅波長差 $\Delta\lambda$ を $6\text{nm}$ とするため、光吸収層106のAlAs混晶比を活性層104のAlAs混晶比よりも0.01だけ小さい0.14に設定している。

【0107】以下、第1の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法について、図8(a)～(c)を参照しながら説明する。

【0108】まず、図8(a)に示すように、n型のGaAsよりなる半導体基板101の上に、n型のGaAsよりなる厚さ $0.5\mu\text{m}$ のバッファ層102、n型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる厚さ $2.0\mu\text{m}$ の第1光ガイド層103、Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>Asよりなる厚さ $0.06\mu\text{m}$ の活性層104、p型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる厚さ $0.24\mu\text{m}$ の第2光ガイド層105、p型のGa<sub>0.86</sub>Al<sub>0.14</sub>Asよりなる厚さ $0.01\mu\text{m}$ の光吸収層106及びn型のGaAsよりなる厚さ $1.0\mu\text{m}$ の電流ブロック層108を順次形成する。

【0109】次に、図8(b)に示すように、フォトリソグラフィ技術を用いて電流ブロック層108に対してエッチングを行なうことにより、ストライプ領域107となる幅 $4\mu\text{m}$ の順メサ形状の凹状溝を形成する。凹状溝の形状は逆メサ形状よりも順メサ形状の方が好ましい。その理由は、逆メサ形状の場合には、順メサ形状の場合に比べて、凹状溝における結晶成長が困難となり、特性の低下に起因する歩留りの低下を招く恐れがあるためである。実際に、逆メサ形状の凹状溝を形成したところ、ストライプ領域107の側部においてGaAlAsの結晶性が損なわれ、得られた半導体レーザ装置のしきい値電流は、順メサ形状の場合に比べて約 $10\text{mA}$ 高くなった。

【0110】次に、図8(c)に示すように、MOCVD法又はMBE法により、光吸収層106の上にp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>As層を成長させて、光吸収層106の上における中央部に幅 $4\mu\text{m}$ のストライプ領域107

を形成すると共に、ストライプ領域107及び電流ブロック層108の上にp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる厚さ2.0μmの第3光ガイド層109を形成する。その後、第3光ガイド層109の上にp型のGaAsよりなる厚さ2.0μmのコンタクト層110を再成長法により形成する。この場合、第3光ガイド層109を構成するp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>As層のドーパントにZnを使用する場合には、Znのストライプ領域107への成長中の拡散による特性への影響を防止するために、少なくとも再成長界面においてキャリア濃度を10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>以下にする必要がある。第1の実施形態においては、キャリア濃度を7×10<sup>17</sup>cm<sup>-3</sup>とした。尚、ドーパントとしては、カーボン等のように拡散性の低いものを用いてもよい。その後、図示は省略しているが、半導体基板101の下面及びコンタクト層110の上面にそれぞれ電極を形成する。

【0111】以下、本発明の第2の実施形態に係る半導体レーザ装置について図9を参照しながら説明する。

【0112】図9は第2の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面構造を示しており、図9に示すように、n型のGaAsよりなる半導体基板201の上に、n型のGaAsよりなるバッファ層202、n型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第1光ガイド層203、p型のGa<sub>0.86</sub>Al<sub>0.14</sub>Asよりなる光吸収層204及びn型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第1光ガイド層205、Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>Asよりなる活性層206及びp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第2光ガイド層207が順次形成されている。第2光ガイド層207の上における中央部にはp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなるストライプ領域208が形成されていると共に、第2光ガイド層207の上におけるストライプ領域208の両側にはn型のGaAsよりなる電流ブロック層209が形成されている。ストライプ領域208及び電流ブロック層209の上には、p型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第3光ガイド層210がストライプ領域208と一体に形成され、第3光ガイド層210の上にはp型のGaAsよりなるコンタクト層211が形成されている。第2の実施形態においては、光吸収層204の膜厚は5nm以上で且つ活性層206の膜厚の5分の1以下に設定されており、第2光ガイド層207の膜厚は0.3μm以下に設定されている。

【0113】図10は第3の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面構造を示しており、図10に示すように、n型のGaAsよりなる半導体基板301の上に、n型のGaAsよりなるバッファ層302、n型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第1光ガイド層303、p型のGa<sub>0.86</sub>Al<sub>0.14</sub>Asよりなる光吸収層304及びn型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第1光ガイド層305、Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>Asよりなる活性層306、p型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第2光ガイド層307及び

p型のGa<sub>0.8</sub>Al<sub>0.2</sub>Asよりなる第3ガイド層308が順次形成されている。第3光ガイド層308の上における中央部にはp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなるストライプ領域309が形成されていると共に、第3光ガイド層308の上におけるストライプ領域309の両側にはn型のGaAsよりなる電流ブロック層310が形成されている。ストライプ領域309及び電流ブロック層310の上には、p型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第4光ガイド層311がストライプ領域309と一体に形成され、第4光ガイド層311の上にはp型のGaAsよりなるコンタクト層312が形成されている。第3の実施形態においては、光吸収層304の膜厚は5nm以上で且つ活性層306の膜厚の5分の1以下に設定されていると共に、第2光ガイド層307と第3光ガイド層308との合計膜厚は0.3μm以下に設定されている。

【0114】図11は第4の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面構造を示しており、図11に示すように、n型のGaAsよりなる半導体基板401の上に、n型のGaAsよりなるバッファ層402、n型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第1光ガイド層403、Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>Asよりなる活性層404、p型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第2光ガイド層405、p型のGa<sub>0.86</sub>Al<sub>0.14</sub>Asよりなる光吸収層406及びp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第2光ガイド層407が順次形成されている。第2光ガイド層407の上における中央部にはp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなるストライプ領域409が形成されていると共に、第2光ガイド層407の上におけるストライプ領域409の両側にはn型のGaAsよりなる電流ブロック層410が形成されている。ストライプ領域409及び電流ブロック層410の上には、p型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第3光ガイド層411がストライプ領域409と一体に形成され、第3光ガイド層411の上にはp型のGaAsよりなるコンタクト層412が形成されている。第4の実施形態においては、光吸収層406の膜厚は5nm以上で且つ活性層404の膜厚の5分の1以下に設定されていると共に、2層の第2光ガイド層405、407及び両者間に介在する光吸収層406の合計膜厚は0.3μm以下に設定されている。

【0115】図12は第5の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面構造を示しており、図13に示すように、n型のGaAsよりなる半導体基板501の上に、n型のGaAsよりなるバッファ層502、n型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第1光ガイド層503、Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>Asよりなる活性層504、p型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第2光ガイド層505、p型のGa<sub>0.86</sub>Al<sub>0.14</sub>Asよりなる光吸収層506、p型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第2光ガイド層507及びp型のGa<sub>0.8</sub>Al<sub>0.2</sub>Asよりなる第3ガイド層508



が順次形成されている。第3光ガイド層508の上における中央部にはp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなるストライプ領域509が形成されていると共に、第3光ガイド層508の上におけるストライプ領域509の両側にはn型のGaAsよりなる電流ブロック層510が形成されている。ストライプ領域509及び電流ブロック層510の上には、p型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第4光ガイド層511がストライプ領域509と一体に形成され、第4光ガイド層511の上にはp型のGaAsよりなるコンタクト層512が形成されている。第5の実施形態においては、光吸収層506の膜厚は5nm以上で且つ活性層504の膜厚の5分の1以下に設定されていると共に、2層の第2光ガイド層505、507、両者間に介在する光吸収層506及び第3の光ガイド層508の合計膜厚は0.3μm以下に設定されている。

【0116】図13は第6の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面構造を示しており、図13に示すように、n型のGaAsよりなる半導体基板601の上に、n型のGaAsよりなるバッファ層602、n型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第1光ガイド層603、Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>Asよりなる活性層604及びp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第2光ガイド層605が順次形成されている。第2光ガイド層605の上における中央部にはp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなるストライプ領域606が形成されていると共に第2光ガイド層605の上における中央部を除く領域にはn型のGaAsよりなる電流ブロック層607が形成されている。電流ブロック層607の上にはp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第3光ガイド層608がストライプ領域606と一体に形成され、ストライプ領域606及び第3光ガイド層608の上にはp型のGa<sub>0.86</sub>Al<sub>0.14</sub>Asよりなる光吸収層609が形成され、光吸収層609の上にはp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第3光ガイド層610が形成され、第3光ガイド層610の上にはp型のGaAsよりなるコンタクト層611が形成されている。第6の実施形態においては、光吸収層609の膜厚は5nm以上で且つ活性層604の膜厚の5分の1以下に設定されていると共に、第2光ガイド層605の膜厚は0.3μm以下に設定されている。

【0117】図14は第7の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面構造を示しており、図14に示すように、n型のGaAsよりなる半導体基板701の上に、n型のGaAsよりなるバッファ層702、n型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第1光ガイド層703、Ga<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>Asよりなる活性層704、p型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第2光ガイド層705及びp型のGa<sub>0.8</sub>Al<sub>0.2</sub>Asよりなる第3ガイド層706が順次形成されている。第3光ガイド層706の上における中央部にはp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなるストライ

プ領域707が形成されていると共に第3光ガイド層706の上における中央部を除く領域にはn型のGaAsよりなる電流ブロック層708が形成されている。電流ブロック層708の上にはp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第4光ガイド層709がストライプ領域707と一体に形成され、ストライプ領域707及び第4光ガイド層709の上にはp型のGa<sub>0.86</sub>Al<sub>0.14</sub>Asよりなる光吸収層710が形成され、光吸収層710の上にはp型のGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Asよりなる第4光ガイド層711が形成され、第4光ガイド層711の上にはp型のGaAsよりなるコンタクト層712が形成されている。第7の実施形態においては、光吸収層710の膜厚は5nm以上で且つ活性層704の膜厚の5分の1以下に設定されていると共に、第2光ガイド層705と第3光ガイド層706との合計膜厚は0.3μm以下に設定されている。

【0118】尚、前記各実施形態においては、n型の半導体基板を用い、n型の電流ブロック層を形成する場合のみを示したが、p型の半導体基板を用い、p型の電流ブロック層を形成してもよい。

【0119】また、前記各実施形態においては、電流ブロック層が活性層よりも上側に位置する場合つまり活性層から見て電流ブロック層が半導体基板と反対側に位置する場合のみを示したが、活性層から見て電流ブロック層が半導体基板と同じ側に位置する場合でも、同じ効果が得られる。また、電流ブロック層が活性層の上下両側に設けられるダブルコンファイメント構造にすると、漏れ電流が少なくなるので、一層の低動作電流化が図れることは言うまでもない。

【0120】また、前記各実施形態において、活性層を多重量子井戸構造にすると、発振しきい値電流が低減して動作電流値が低減する。

【0121】図15は、第1の実施形態に係る半導体レーザ装置において、780nm帯のレーザ発振をする、10nmの厚さを持つGa<sub>0.95</sub>Al<sub>0.05</sub>Asよりなる5層のウェル層と4nmの厚さを持つGa<sub>0.7</sub>Al<sub>0.3</sub>Asよりなる6層のバリア層とからなるマルチ量子ウェル(MQW)構造を有する活性層を用いたときの電流-光出力特性を示している。図15に示すように、活性層をMQW構造にすると50mW以上の光出力が得られた。

【0122】活性層を多重量子井戸構造にすると、活性層の持つ微分利得がさらに増大するため、電流-光出力特性に非線形性を生じさせることなく自励発振が生じる領域がさらに広がる。活性層が多重量子井戸構造を有している場合において、光吸収層が複数層設けられているときには、複数の光吸収層の合計膜厚を活性層の井戸層の合計膜厚の5分の1以下に設定し、光吸収層が量子井戸構造を有しているときには、光吸収層の井戸層の合計膜厚を活性層の井戸層の合計膜厚の5分の1以下に設

定すると、電流－光出力特性において非線形性が一層生じ難くなる。

【0123】また、活性層としては、シングル量子ウェル（SQW）構造、ダブル量子ウェル（DQW）構造、トリプル量子ウェル（TQW）構造、グリーン（GRIN）構造、又はセパレートコンファインメントヘテロストラクチャー（SCH）構造等の他の多重量子井戸構造を採用することもできる。

【0124】また、再成長を容易にする半導体層、すなわちAlAs混晶比の小さい半導体層の上に電流ブロック層を作製すれば、AlAs混晶比の低い半導体層の上への再成長となるため、再成長界面の酸化を防ぐことができるので、界面抵抗の低減につながることは言うまでもない。

【0125】さらに、前記各実施形態においては、GaAlAs系の半導体材料を用いた場合を示したが、他の材料系、例えば、InP系、InGaAsP系、InGaP系、InGaAlP系、ZnSe系、ZnCdSSe系、ZnMgSSe系、GaN系、InGaN系又はAlGaN系等の化合物半導体材料を用いてもよいことは言うまでもない。

【0126】以下、前記各実施形態に係る半導体レーザ装置を光源として用いる光ピックアップ装置について説明する。

【0127】図16は前記各実施形態に係る半導体レーザ装置を光源として用いる第1の光ピックアップ装置の概略構造を示している。尚、第1の光ピックアップ装置の説明においては、図19に基づき説明した第1の従来の光ピックアップ装置と同様の部材については同一の符号を付すことにより説明を省略する。図16において、30Bは前記各実施形態に係る半導体レーザ装置を示している。

【0128】図16と図19との比較から明らかなように、前記各実施形態に係る半導体レーザ装置30Bを光源として用いると、第1の従来の光ピックアップ装置においては必要であった発振スペクトルをマルチモード化するための高周波重畳回路モジュール38が不要になる。

【0129】高周波重畳回路モジュール38は非常に大きいと共にコストが高いため、光ピックアップ装置の小型化、部品点数の削減及び低コスト化の妨げとなっていたが、前記各実施形態に係る半導体レーザ装置30Bを光源として用いる第1の光ピックアップ装置によると、高周波重畳回路モジュール38が不要であるため、光ピックアップ装置の小型化及び低コスト化が可能なのは言うまでもない。

【0130】図17は前記各実施形態に係る半導体レーザ装置を光源として用いる第2の光ピックアップ装置の概略構造を示している。尚、第2の光ピックアップ装置の説明においては、図20に基づき説明した第2の従来の

の光ピックアップ装置と同様の部材については同一の符号を付すことにより説明を省略する。図17において、40Bは前記各実施形態に係る半導体レーザ装置、受光素子及びホログラム光学素子が集積化されてなるレーザユニットである。

【0131】図17と図20との比較から明らかなように、前記各実施形態に係る半導体レーザ装置を有するレーザユニット40Bを用いると、第2の従来の光ピックアップ装置において必要であった高周波重畳回路モジュール44及びシールド部材45が不要になる。レーザユニットは半導体レーザ装置用の端子に加えて受光素子用の端子が必要となるため、端子数が多いと共に複雑な構造を有している。このようなレーザユニットに高周波重畳回路モジュール44を取り付けるためには、高周波重畳回路モジュール44自体も多端子対応のために複雑になるので、大型化及びコストアップの原因となっていた。また、高周波重畳回路モジュール44から供給される高周波が不要輻射として問題になるばかりでなくレーザユニットの受光素子等の電気回路に直接に影響を与えて信号特性が劣化するという問題もあった。

【0132】しかしながら、第2の光ピックアップ装置においては、レーザユニット40Bに高周波重畳回路が不要になるため、不要輻射の問題及び高周波による受光素子等の電気回路への影響の問題もなくなるので、光ピックアップ装置が非常に簡単な構成となり、小型化、部品点数の削減及び低コスト化を図ることが容易になる。

【0133】

【発明の効果】請求項1、6、11、16、21、26又は31の発明に係る半導体レーザ装置によると、光吸収層の膜厚は5nm以上であるため、自励発振を生じさせることができるので、発振スペクトルをマルチモード化させて低雑音性を実現することができ、また、光吸収層の膜厚は活性層の膜厚の5分の1以下であるため、線形性に優れた電流－光出力特性を実現できるので、低光出力時においても光出力の大きさの制御が容易になる。

【0134】請求項2、7、12、17、22、27又は32の発明に係る半導体レーザ装置によると、屈折率導波機構を確保できるので、安定な基本横モード発振を得ることができると共に、導波光が電流ブロック層及び活性層における電流ブロック層の下側の領域において受ける光吸収損失を低減でき、これにより導波光の等位相面の湾曲を低減できるので、非点隔差を低減することができる。

【0135】請求項3、8、13、18、23、28又は33の発明に係る半導体レーザ装置によると、光吸収層が量子井戸構造を有しているため、光吸収層の膜厚が小さくても光吸収層の可飽和吸収効果を増大することができる。

【0136】請求項4、9、14、19、24、29又

は34の発明に係る半導体レーザ装置によると、活性層が多重量子井戸構造を有しているため、活性層の膜厚が小さくても発振しきい値電流を低減することができる。

【0137】請求項5、10、15、20、25、30又は35の発明に係る半導体レーザ装置によると、光吸収層が量子井戸構造を有していると共に活性層が多重量子井戸構造を有しているため、光吸収層及び活性層の膜厚がそれぞれ小さくても、光吸収層の可飽和吸収効果を増大できると共に発振しきい値電流を低減できる。また、光吸収層が発振レーザ光に対して速やかに透明になるので自励発振が生じ易くなると共に、低い発振しきい値電流においても線形性に優れた電流-光出力特性を実現することができる。

【0138】請求項36～42の発明に係る光ピックアップ装置によると、半導体レーザ装置が自励発振を生じするため高周波重畳回路モジュールが不要になると共に、非点隔差が小さいため光ディスク等の情報の読み出し時の非点隔差の値と情報の書き込み時の非点隔差の値との差も小さくなるので非点隔差を補正する光学部品が不要になるので、部品点数の削減、小型化及び低コスト化を実現することができる。また、高周波重畳回路モジュールが不要になるので、重畳高周波に起因する不要輻射や他の回路への悪影響の問題が解消し、安全面の向上や特性面の向上を図ることができる。さらに、光ディスク等の情報の読み出しに適当な3mW程度の光出力から情報の書き込みに適当な30mW程度の光出力の範囲において電流-光出力特性に線形性が得られるので、書き換え型の光ディスクに対して安定した読み出し及び書き込みが可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面図である。

【図2】活性層の膜厚が60nmである場合における、発振スペクトル特性の禁制帯幅波長差 $\Delta\lambda$ 及び光吸収層の膜厚に対する依存性、並びに電流-光出力特性における非線形性の有無の実験結果を示す図である。

【図3】電流-光出力特性における非線形性を説明する図である。

【図4】活性層の膜厚が80nmである場合における、発振スペクトル特性の禁制帯幅波長差 $\Delta\lambda$ 及び光吸収層の膜厚に対する依存性、並びに電流-光出力特性における非線形性の有無の実験結果を示す図である。

【図5】活性層の膜厚と、電流-光出力特性に非線形を生じないための光吸収層の最大膜厚との関係を示す図である。

【図6】内外実効屈折率差 $\Delta n$ の第2光ガイド層と光吸収膜との合計膜厚 $d_p$ に対する依存性についての計算結果を示す図である。

【図7】(a)は第1の実施形態に係る半導体レーザ装置の電流-光出力特性を示し、(b)は光吸収層を有す

る従来の自励発振型の半導体レーザ装置の電流-光出力特性を示す図である。

【図8】(a)～(c)は第1の実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図9】本発明の第2の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面図である。

【図10】本発明の第3の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面図である。

【図11】本発明の第4の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面図である。

【図12】本発明の第5の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面図である。

【図13】本発明の第6の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面図である。

【図14】本発明の第7の実施形態に係る半導体レーザ装置の断面図である。

【図15】第1の実施形態に係る半導体レーザ装置において、マルチカンタムウェル構造を有する活性層を用いたときの電流-光出力特性を示す図である。

【図16】前記各実施形態に係る半導体レーザ装置を用いる第1の光ピックアップ装置の概略構成図である。

【図17】前記各実施形態に係る半導体レーザ装置を用いる第2の光ピックアップ装置の概略構成図である。

【図18】従来の半導体レーザ装置を用いる従来の第1の光ピックアップ装置の概略構成図である。

【図19】従来の半導体レーザ装置を用いる従来の第2の光ピックアップ装置の概略構成図である。

【図20】従来の半導体レーザ装置の断面図である。

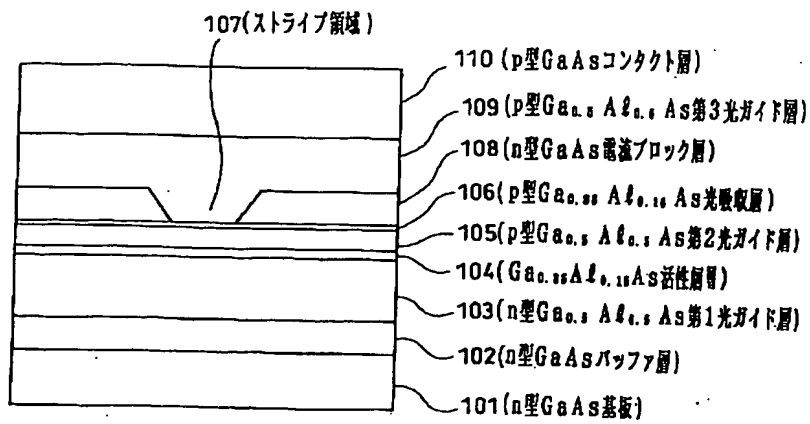
#### 【符号の説明】

- 30 B 半導体レーザ
- 31 コリメートレンズ
- 32 ビームスプリッタ
- 33 対物レンズ
- 34 光ディスク
- 35 検出レンズ
- 36 ホログラム光学素子
- 37 受光素子
- 40 B レーザユニット
- 41 コリメートレンズ
- 42 対物レンズ
- 43 光ディスク
- 101 半導体基板
- 102 パッファ層
- 103 第1光ガイド層
- 104 活性層
- 105 第2光ガイド層
- 106 光吸収層
- 107 ストライプ領域
- 108 電流ブロック層
- 50 109 第3光ガイド層

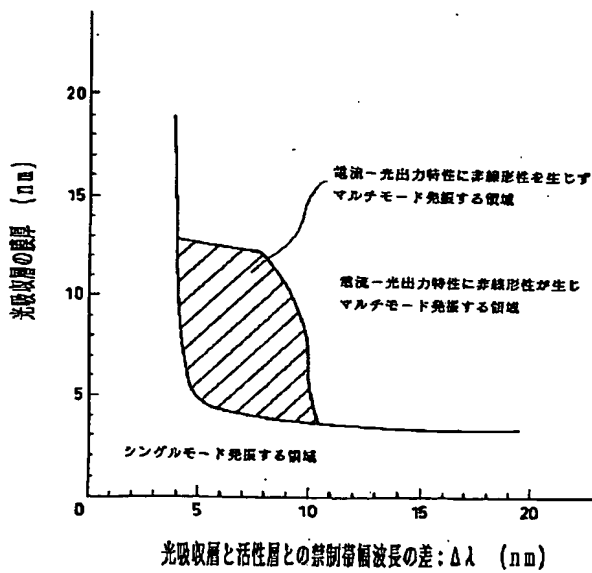
110 コンタクト層  
 201 半導体基板  
 202 バッファ層  
 203 第1光ガイド層  
 204 光吸収層  
 205 第1光ガイド層  
 206 活性層  
 207 第2光ガイド層  
 208 ストライプ領域  
 209 電流ブロック層  
 210 第3光ガイド層  
 211 コンタクト層  
 301 半導体基板  
 302 バッファ層  
 303 第1光ガイド層  
 304 光吸収層  
 305 第1光ガイド層  
 306 活性層  
 307 第2光ガイド層  
 308 第3ガイド層  
 309 ストライプ領域  
 310 電流ブロック層  
 311 第4光ガイド層  
 401 半導体基板  
 402 バッファ層  
 403 第1光ガイド層  
 404 活性層  
 405 第2光ガイド層  
 406 光吸収層  
 407 第2光ガイド層  
 409 ストライプ領域  
 410 電流ブロック層  
 411 第3光ガイド層  
 412 コンタクト層  
 501 半導体基板

502 バッファ層  
 503 第1光ガイド層  
 504 活性層  
 505 第2光ガイド層  
 506 光吸収層  
 507 第2光ガイド層  
 508 第3ガイド層  
 509 ストライプ領域  
 510 電流ブロック層  
 10 511 第4光ガイド層  
 512 コンタクト層  
 601 半導体基板  
 602 バッファ層  
 603 第1光ガイド層  
 604 活性層  
 605 第2光ガイド層  
 606 ストライプ領域  
 607 電流ブロック層  
 608 第3光ガイド層  
 20 609 光吸収層  
 610 第3光ガイド層  
 611 コンタクト層  
 701 半導体基板  
 702 バッファ層  
 703 第1光ガイド層  
 704 活性層  
 705 第2光ガイド層  
 706 第3ガイド層  
 707 ストライプ領域  
 30 708 電流ブロック層  
 709 第4光ガイド層  
 710 光吸収層  
 711 第4光ガイド層  
 712 コンタクト層

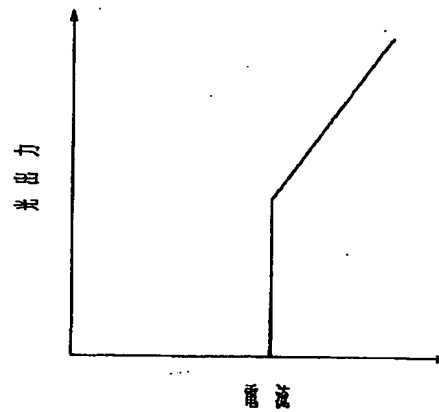
【図1】



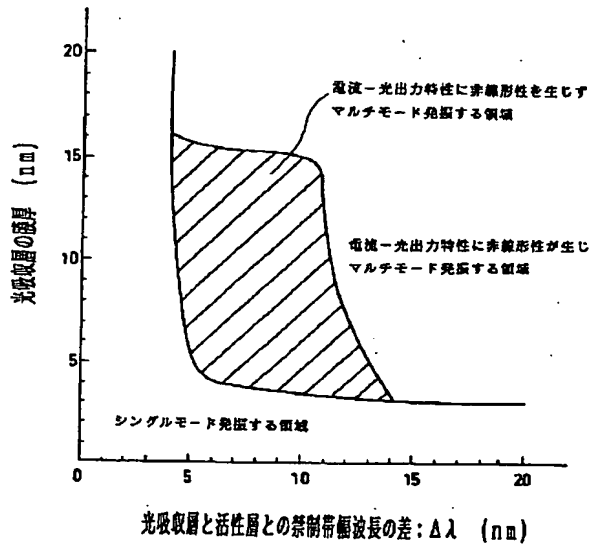
【図2】



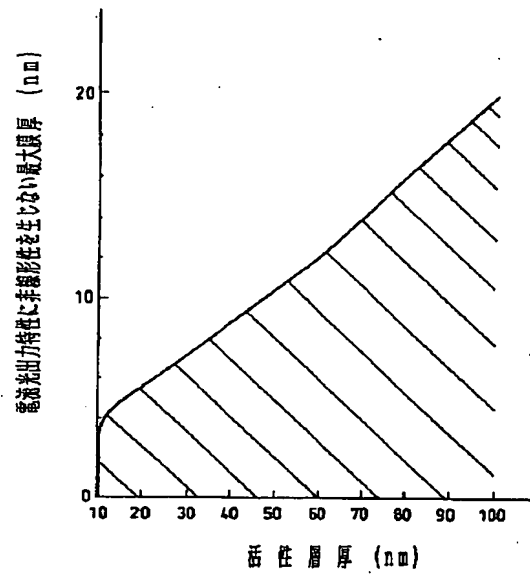
【図3】



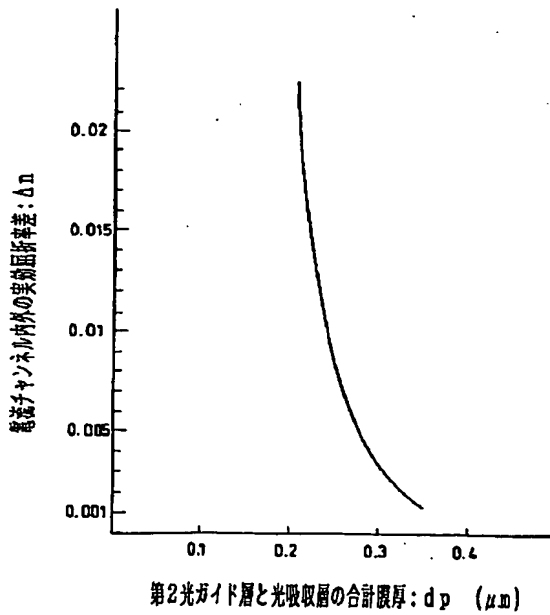
【図4】



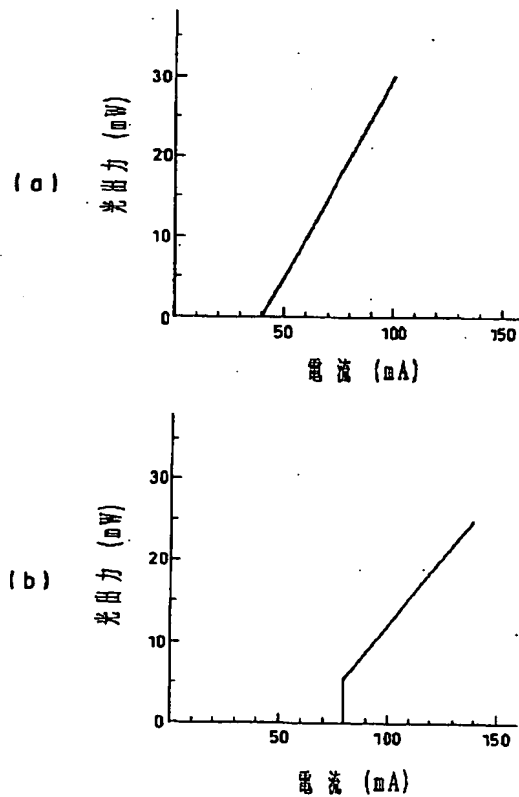
【図5】



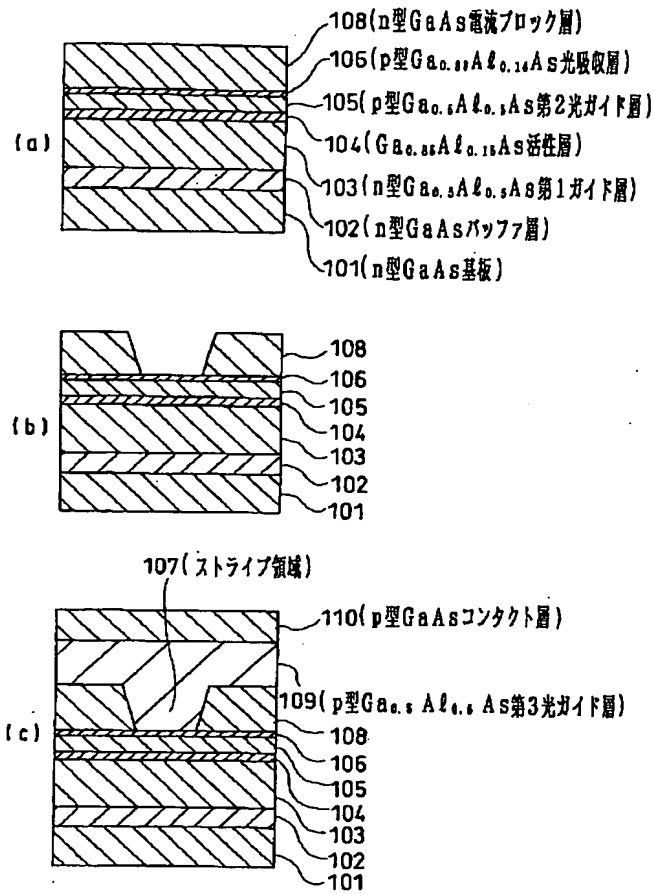
【図6】



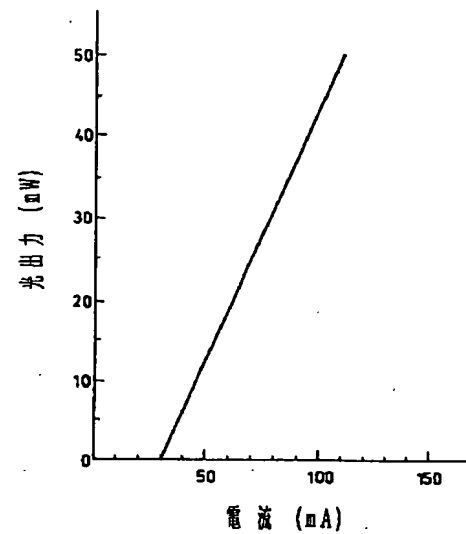
【図7】



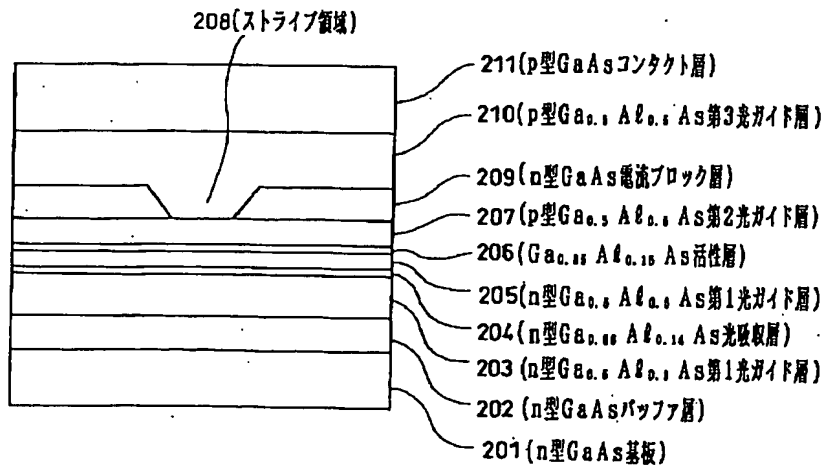
【図8】



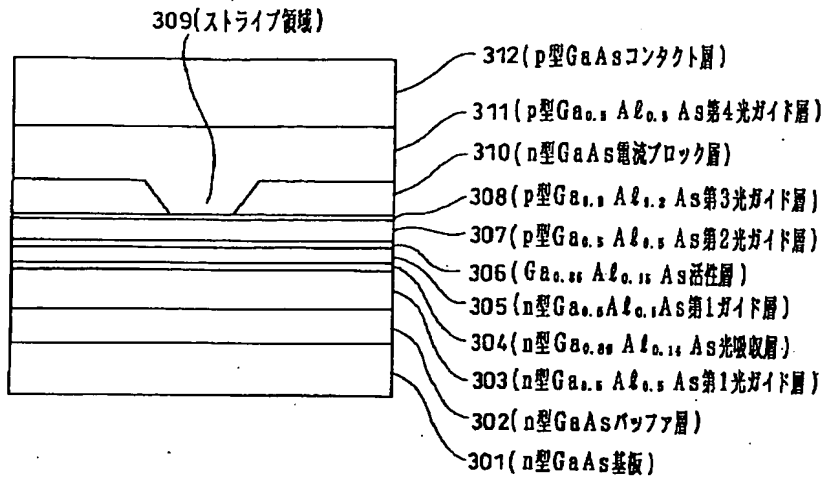
【図15】



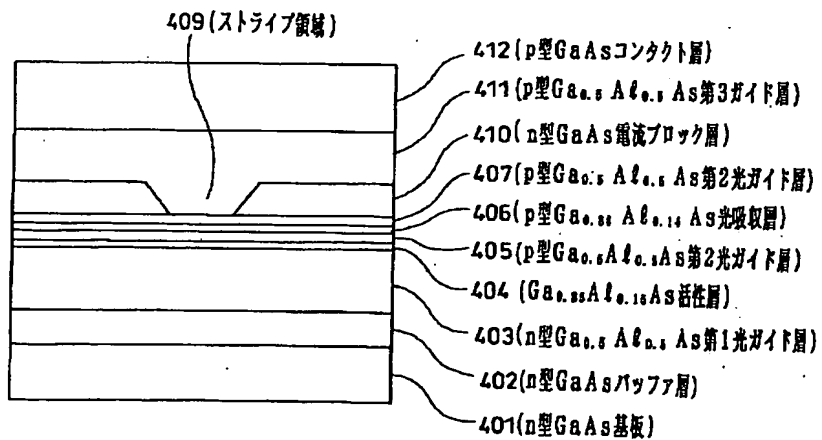
【図9】



【図10】

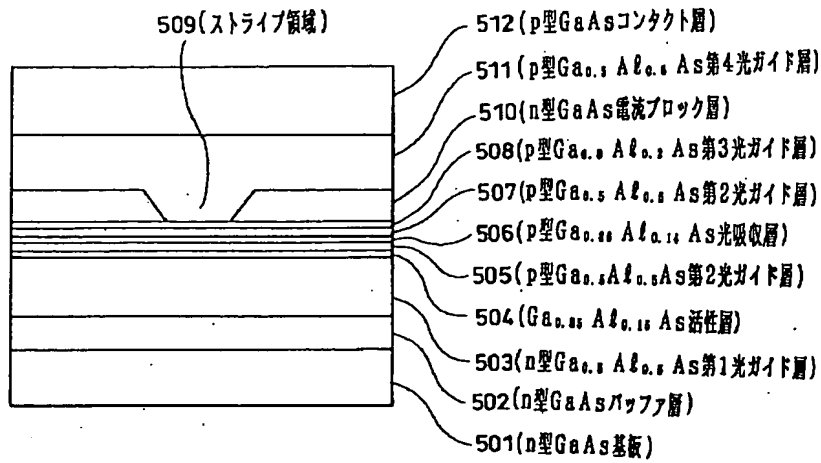


【図11】

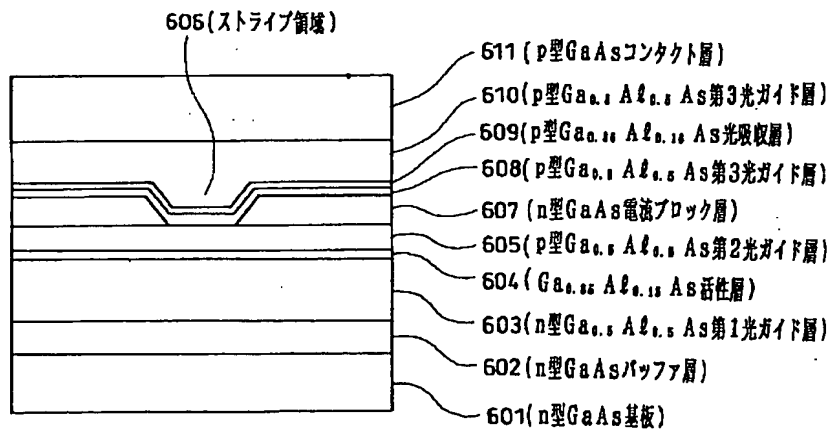




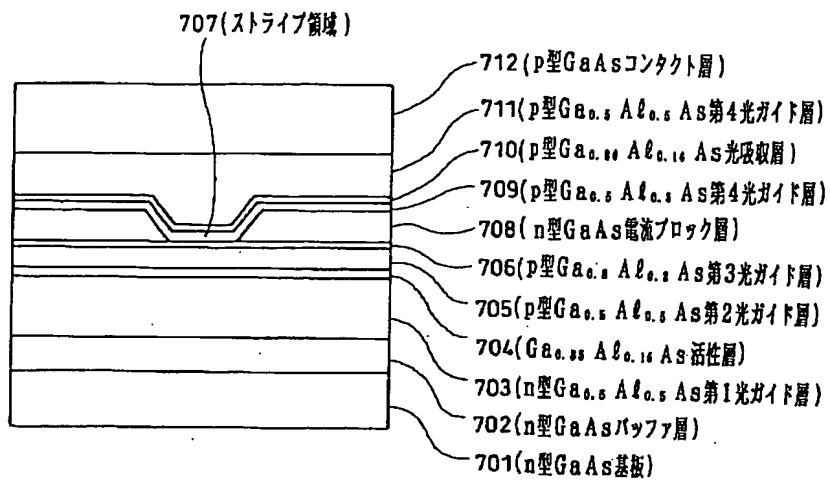
【図12】



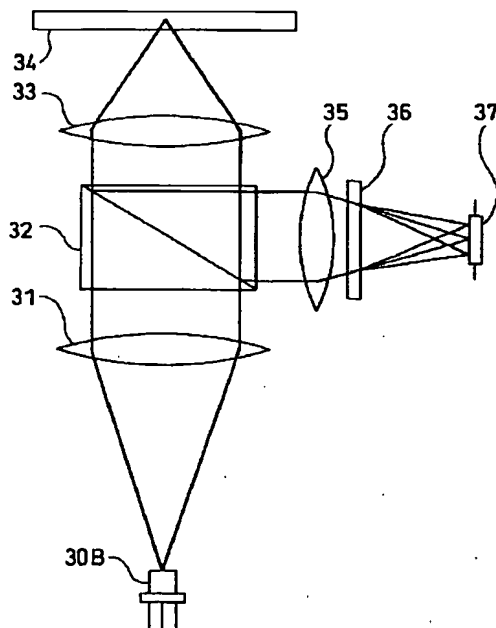
【図13】



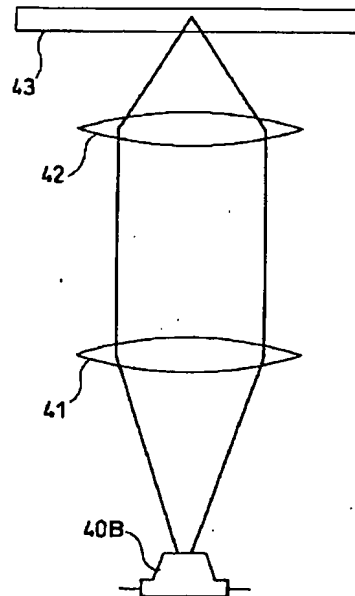
【図14】



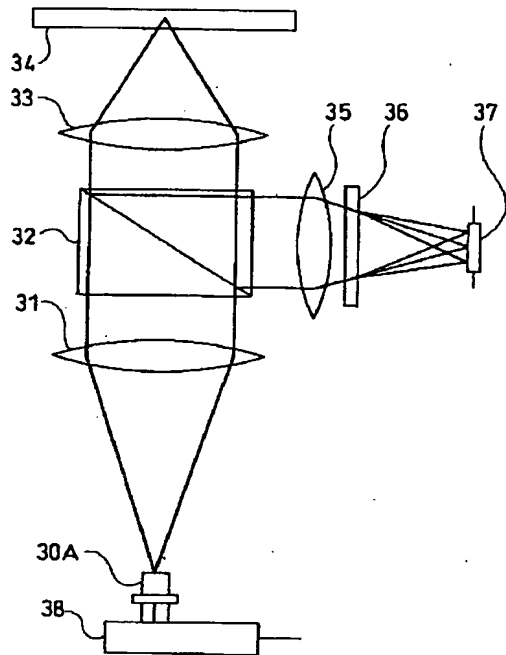
【図16】



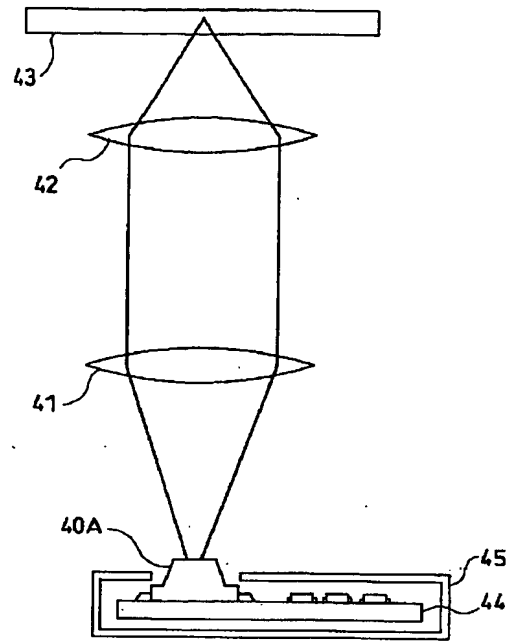
【図17】



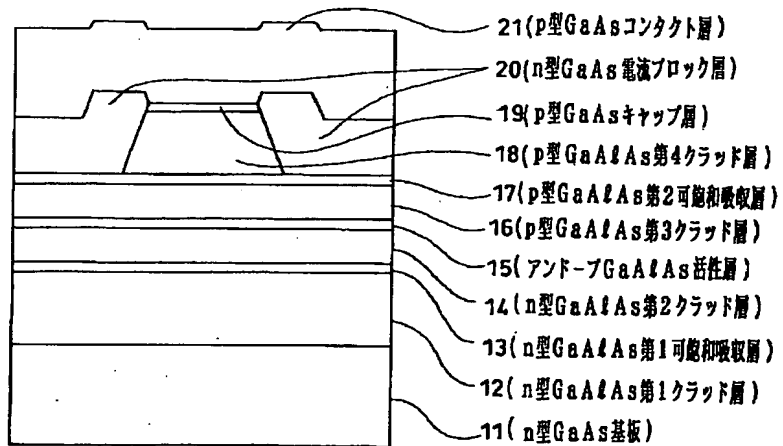
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(72)発明者 中西 秀行  
大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業  
株式会社内